

第四章 压力容器设计

CHAPTER IV Design of Pressure Vessels

4.3 常规设计

4.3.9 压力试验

4.1 概述

4.2 设计准则

4.3 常规设计

4.4 分析设计

4.5 疲劳分析

4.6 压力容器设计技术进展

4.3.1 概述

4.3.2 圆筒设计

4.3.3 封头设计

4.3.4 密封装置设计

4.3.5 开孔和开孔补强设计

4.3.6 支座和检查孔

4.3.7 安全泄放装置

4.3.8 焊接结构设计

4.3.9 压力试验

4.3.9 压力试验

一、目的

目的：

考虑缺陷对压力容器安全性的影响。

在制造完毕后或定期检验时，都要进行压力试验。

内容：

压力试验

耐压试验

液压试验

气压试验

气密性试验

(1) 耐压试验:

在超设计压力下进行的液压（或气压）试验

内压容器试验目的:

在超设计压力下，考核缺陷是否会发生快速扩展造成破坏或开裂造成渗漏，检验密封结构的密封性能。

外压容器试验目的:

检查是否存在穿透性缺陷。

做法：以内压试验进行“试漏”。

原因：

外压下，容器中的缺陷受压应力的作用，不可能发生开裂，且外压临界失稳压力主要与容器的几何尺寸、制造精度有关，跟缺陷无关。

(2) 气密性试验:

对密封性要求高的容器在强度合格后进行的泄漏检查。在等于或低于设计压力下进行的气压试验。

二、试验压力及应力校核

耐压试验

液压试验——用水。水的压缩系数比气体要小得多，经济实用。

气压试验——用气体。因结构或支承等原因，不能向容器内充灌水或其它液体，或运行条件不允许残留液体时才用气压试验。

1. 液压试验

温度：考虑韧脆转变温度。
 >5℃：碳素钢、16MnR和正火15MnVR
 >15℃：其它低合金钢制容器

水质：
 奥氏体不锈钢，氯离子含量控制在25mg/L以内，并在试验后立即将水渍清除干净。（氯离子能破坏其表面钝化膜）

(1) 内压容器

试验压力：

$$P_T = 1.25p \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t}$$

温度修正

(4-87)

说明：

当各元件（圆筒、封头、接管、法兰及紧固件等）所用材料不同时，应取各元件材料许用应力比 $[\sigma]/[\sigma]^t$ 的最小值。

(2) 外压容器和真空容器

无须考虑温度修正，因为以内压代替外压进行试验，已将工作时趋于闭合状态的器壁和焊缝中缺陷改以“张开”状态接受检验。

试验压力：

$$P_T = 1.25p$$

(4-88)

无温度修正

(3) 夹套容器

夹套容器是由内筒和夹套组成的多腔压力容器，各腔的设计压力通常是不同的，应在图样上分别注明内筒和夹套的试验压力值。

内筒为**外压**容器：按式 (4-88) 确定试验压力；

内筒为**内压**容器：按式 (4-87) 确定试验压力。

夹套：

按内压容器确定试验压力。

注意：

在确定了夹套试验压力后，还必须校核内筒在该试验压力下的稳定性。

如不能满足外压稳定性要求，则在作夹套的液压试验时，必须同时在内筒保持一定的压力，以确保夹套试压时内筒的稳定性。

(4) 液压试验应力校核:

为使液压试验时容器材料处于弹性状态，在压力试验前必须按式（4-89）校核试验时筒体的薄膜应力 σ_T 。

$$\sigma_T = \frac{P_T (D_i + \delta_e)}{2\delta_e} \leq 0.9\phi\sigma_s (\sigma_{0.2}) \quad (4-89)$$

4.3.9 压力试验

4.3.9 压力试验

2. 气压试验

气体：干燥洁净的空气、氮气或其它惰性气体；

气体温度： $\geq 15^{\circ}\text{C}$

注意：

气压试验较液压试验危险，故试验压力比液压试验低，容器上的对接接头应进行100%射线或超声检测。

(1) 内压容器

试验压力： $[\sigma]/[\sigma]^t$ 的取值
要求同液压试验。

$$P_T = 1.15p \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} \quad (4-90)$$

气压试验应力校核：

$$\sigma_T = \frac{P_T (D_i + \delta_e)}{2\delta_e} \leq 0.8\phi\sigma_s (\sigma_{0.2})$$

(2) 外压容器和真空容器

试验压力： $P_T = 1.15p$

(4-91)

3. 气密性试验

规定：

介质为易燃或毒性程度为极度、高度危害或设计上不允许有微量泄漏（如真空度要求较高时）的压力容器，必须进行气密性试验。

气密性试验压力：

大小视容器上是否配置安全泄放装置而定。

若容器上没有安全泄放装置，其气密性试验压力值一般取设计压力的**1.0**倍；

但若容器上设置了安全泄放装置，为保证安全泄放装置的正常工作，其气密性试验压力值应低于安全阀的开启压力或爆破片的设计爆破压力，建议取容器最高工作压力的**1.0**倍。

注意：气密性试验的危险性大，应在液压试验合格后进行。

在进行气密性试验前，应将容器上的安全附件装配齐全。